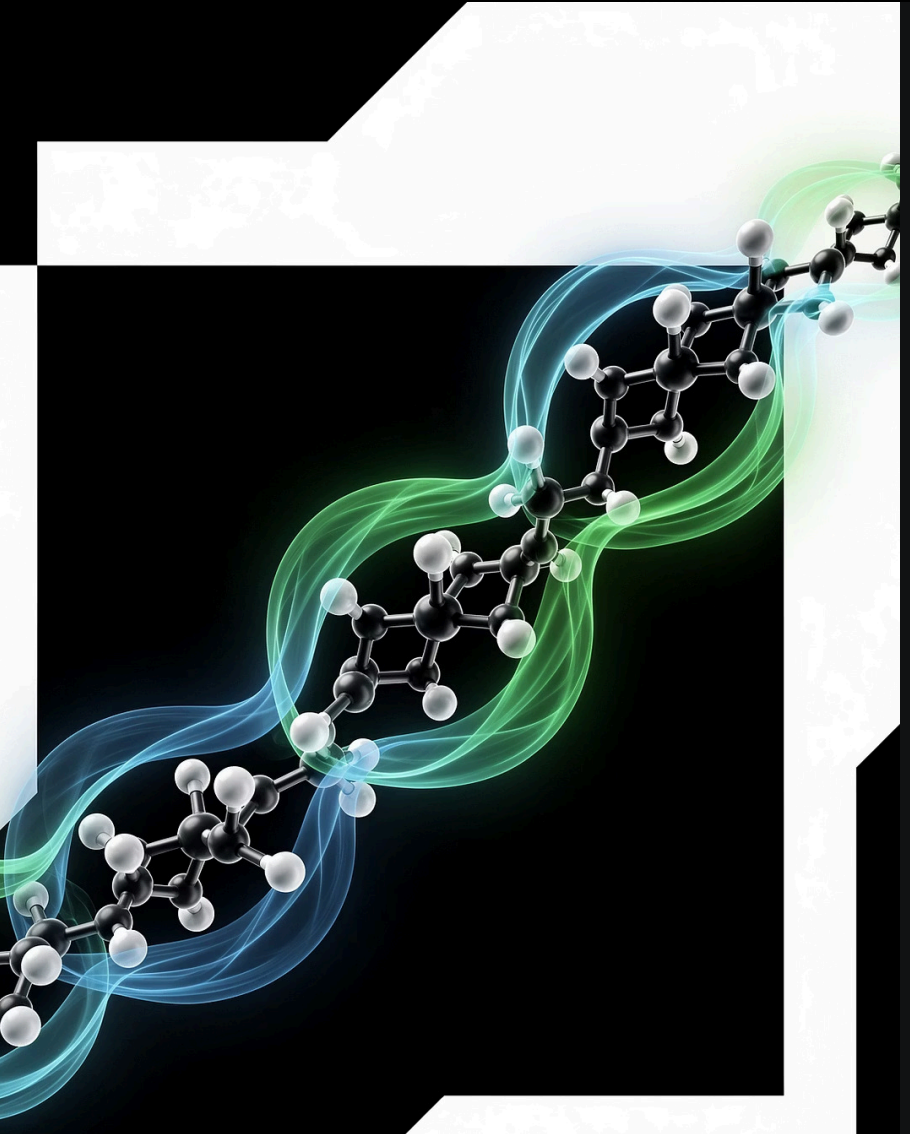
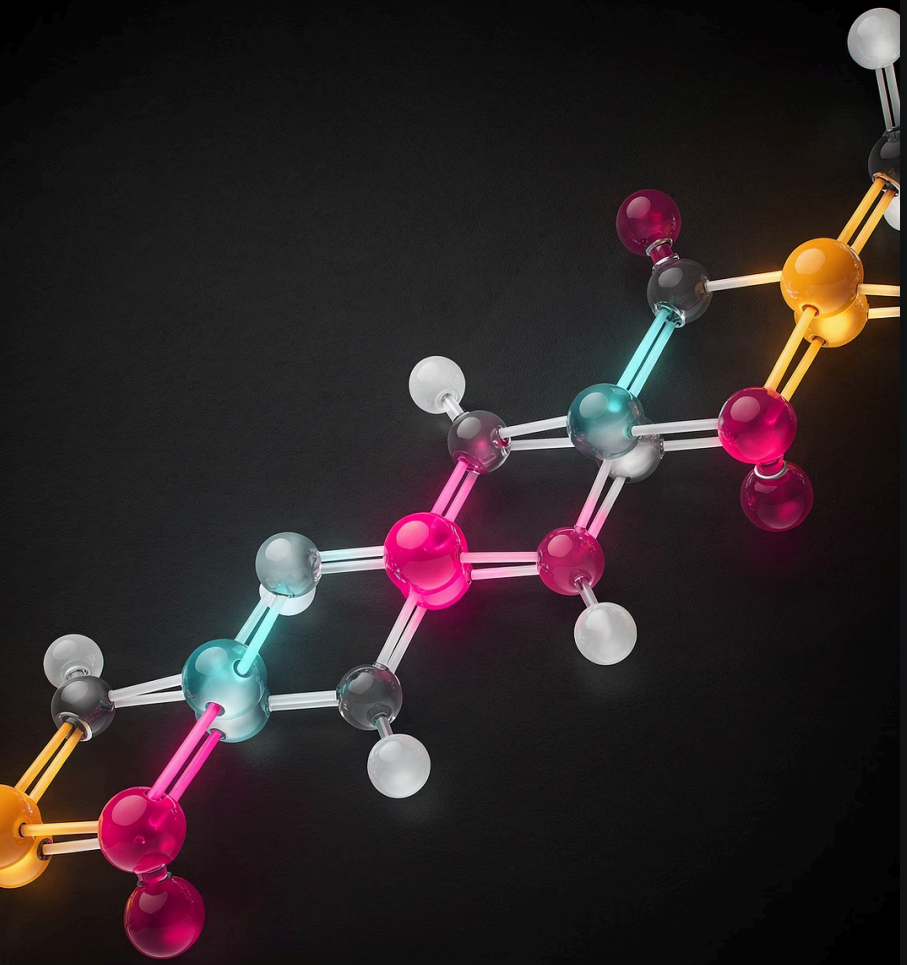


Konjuge Dienler: Moleküler Düzenden Biyolojik Mükemmelliğe

Ders Sunumu

Teradigma



Dien Nedir? Konjuge Sistem Nedir?

Dien

Yapısında iki çift bağ bulunduran karbon molekülü

Dizilim Türleri

İzole, kümüle ve konjuge olmak üzere farklı dizilim türleri var

Konjuge Dien

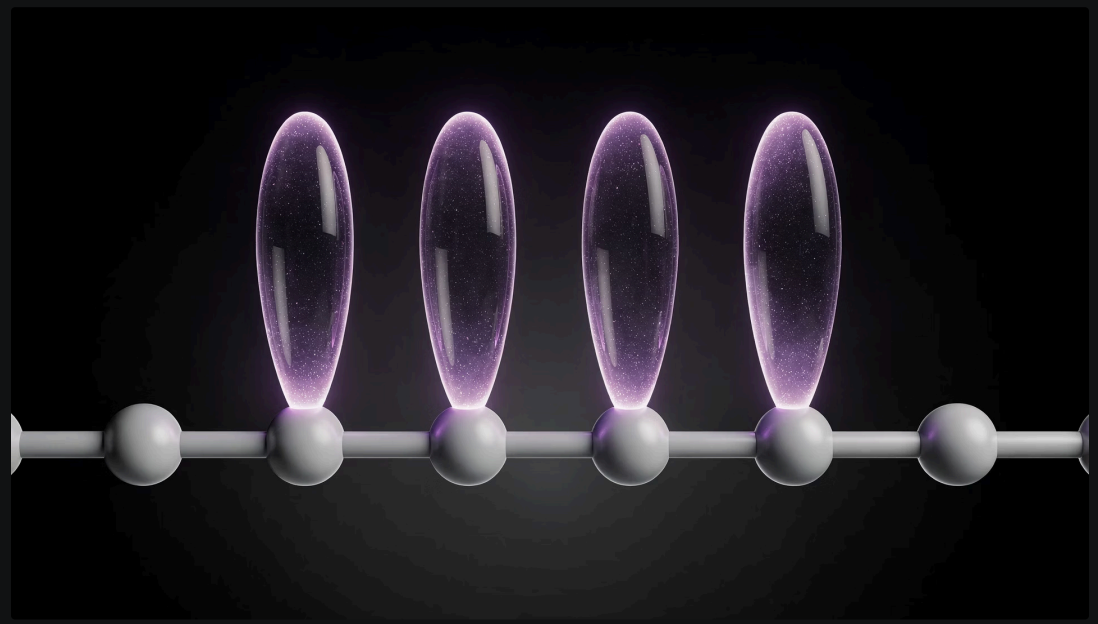
Çift bağların arasına tam olarak bir tekli bağ girecek şekilde dizilmesi — Çift–Tek–Çift düzeni

En Basit Örnek

1,3-bütadien

💭 Aynı karbon atomları, dizilim farkıyla tamamen farklı özellikler sergileyebiliyor. Dizilimi belirleyen kural nereden geliyor?

sp^2 Hibritleşmesi ve p Orbitallerinin Dizilimi



1 **sp^2 Hibritleşme**

Konjuge diendeki dört karbon atomu da sp^2 hibritleşme durumunda

2 **Dik p Orbitalleri**

Her karbonun üzerinde, molekül düzlemine dik duran birer p orbitali bulunur

3 **Paralel Dizilim**

Bu dört orbital yan yana ve paralel dizilir

4 **Delokalizasyon**

Elektronlar yalnızca iki atom arasında sıkışıp kalmaz; dört atomluk zincir boyunca **delokalize** olur

Bağ Uzunluğundaki Şaşırtıcı Kısalma

154

Pikrometre

Normal C–C tekli bağ uzunluğu

147

Pikrometre

Konjuge diendeki orta tekli bağ uzunluğu

Bu Kısalmanın İki Sebebi

sp^2 Etkisi

sp^2 hibritleşmesi elektronları çekirdeğe daha yakın tutar

Elektronik Tutkal

Delokalize elektron bulutu orta bağa "kısmi çift bağ" karakteri kazandırır — bir tür **elektronik tutkal**

Rezonans Enerjisi ve Termodinamik Kararlılık

Ölçüt: Hidrojenleşme Isısı

Molekülün başlangıç enerji seviyesini gösterir

Beklenenden Az Isı

Konjuge dienler, beklenen değerden daha az ısı açığa çıkarır

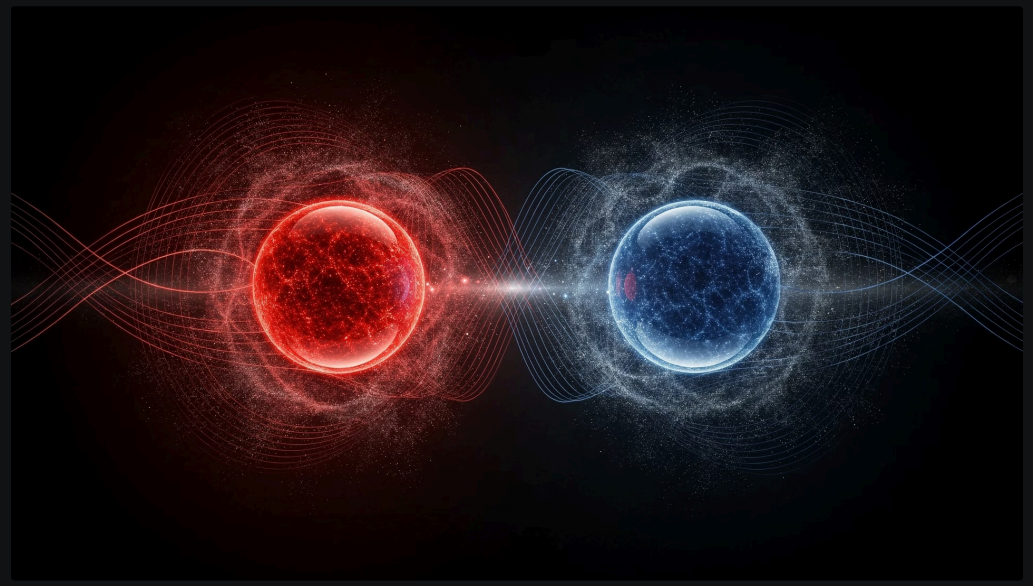
Rezonans Enerjisi

Bu fark **rezonans enerjisi** olarak adlandırılır

Enerji Minimumu

Sistem, enerjisini minimuma indirerek varlığını koruma altına alacak şekilde düzenlenmiştir

Pauli İtmesi: Düzenleyici Bir Kuvvet



Vrije Üniversitesi Araştırmaları

Kararlılığın arkasında yalnızca çekme kuvvetleri yok

Pauli İtmesi

Aynı özelliklere sahip elektronlar birbirini iter

s-trans Formu

Konjuge dien molekülü, bu itmeyi en aza indirecek geometrik şekli — **s-trans formu** — alır

Hassas Denge

Zıt kuvvetlerin (itme ve çekme) hassas dengesi, kararlı ve işlevsel molekülü ortaya çıkarır

> 💭 Birbirine zıt iki kuvvet nasıl olup da birlikte bir kararlılık zemini oluşturuyor?

Görmenin Moleküler Temeli: Retinal

Retinal Molekülü

Gözün retina tabakasındaki **retinal** molekülü, uzun bir konjuge dien zinciridir

Rhodopsin Proteini

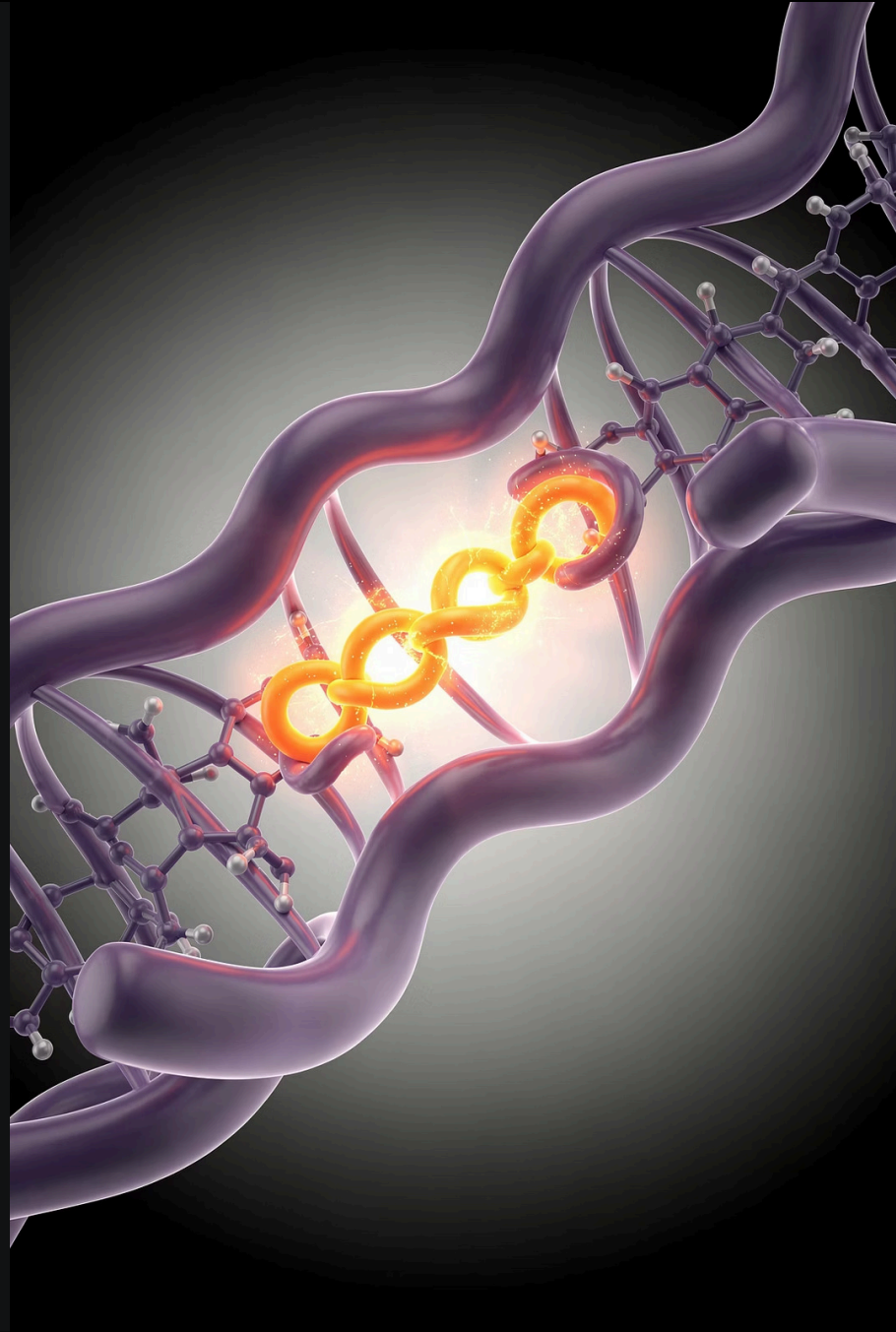
Rhodopsin adlı proteinin içine milimetrik hassasiyetle yerleştirilmiştir

Görme Başlangıcı

Görme, bir fotonun retinal molekülüne çarpmasıyla başlar

İzomerleşme Sinyali

Foton çarpınca retinal şekil değiştirir (izomerleşme) — bu sinir hücrelerine "gördüm" sinyali olarak iletilir



200 Femtosaniyelik Tasarım

200

Femtosaniye

Retinalin şekil değiştirme süresi — saniyenin katrilyonda biri

Bu sürede molekül ısınmaya veya enerji kaybetmeye fırsat bulamaz. Bu hız, kuantum fiziğinin **tutarlılık (coherence)** ilkesine göre ayarlanmıştır.

Eğer Bu Süreç Daha Yavaş İşleseydi

Isı Dönüşümü

Işık enerjisi ısıya dönüşür

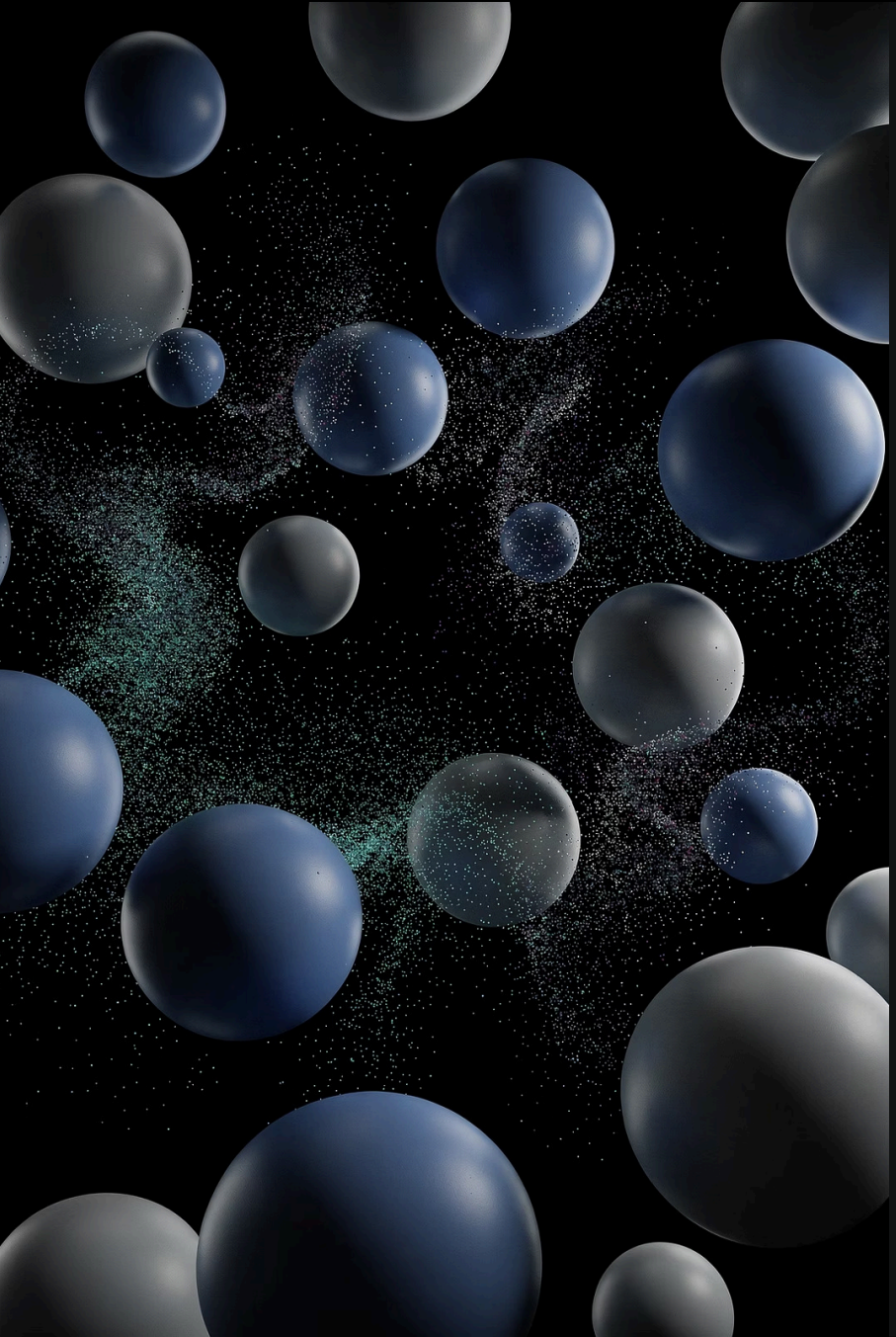
Görüntü Gürültüsü

Görüntüde "gürültü" oluşur

Net Görüş Yok

Net görüş sağlanamazdı

💭 Saniyenin katrilyonda birinde gerçekleşen bu hassas ayar, hangi tür bir bilgi ve planlama gerektirir?



Fail Kim? Cansız Maddeye Yüklenen Hayali İrade

Yanıltıcı İfadeler

"Elektron en uygun yolu bulur", "molekül kararlı olmayı seçer" — bu ifadeler cansız maddeye irade yükler

Gerçek

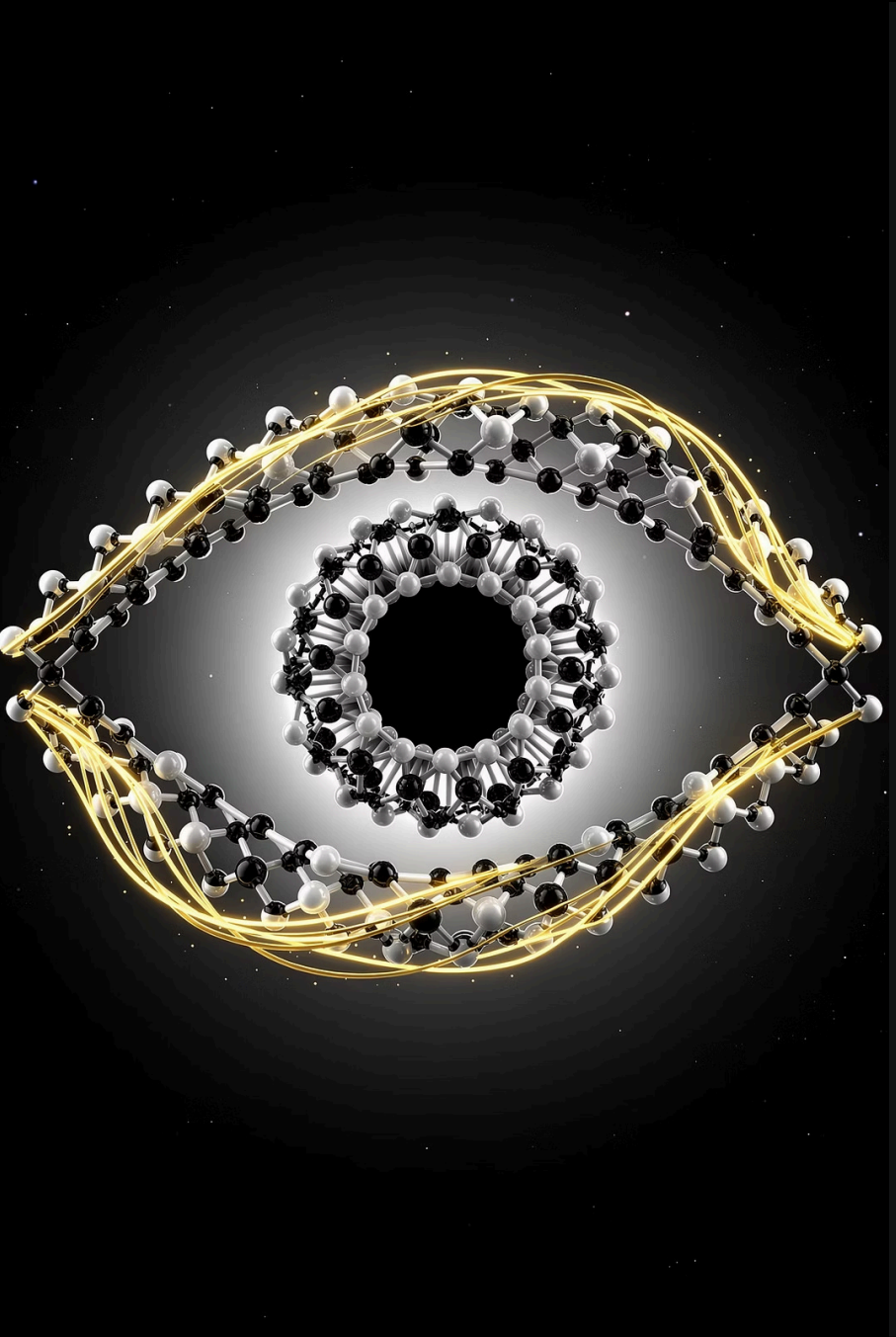
Oysa elektronun seçme kapasitesi, molekülün yol bulma zekası yoktur

Doğa Kanunları

Doğa kanunları maddenin hareketini tarif eden formüllerdir — işi yapan failler değil

Sonuç

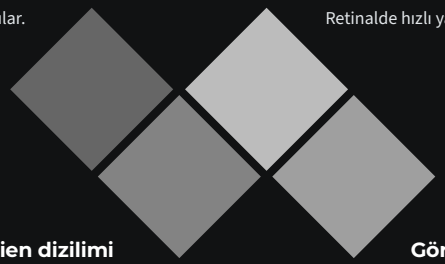
Retinalin 200 femtosaniyelik o akıl almaz hızda şekil değiştirmesi, ne kendi becerisidir ne kör bir tesadüf



Sentez: Atomların Sessiz Dansından Çıkan Anlam

Pauli dengesi
s-trans formunu kararlı kılar.

200 fs izomerleşme
Retinalde hızlı yapı dönüşümü.



Konjuge dien dizilimi
Elektronların delokalizasyonunu sağlar.

Görme sinyali
Maddenin anlamlı düzenine dönüşür.

- Konjuge dien dizilimi → elektron delokalizasyonu → rezonans kararlılığı
- Pauli itme ve çekme kuvvetlerinin dengesi → s-trans formu → kararlı yapı
- Retinaldeki konjuge zincir → 200 femtosaniyelik izomerleşme → görme sinyali
- Karbonun bir kömür parçasında ve gözümüzde aynı atom olması, ama dizilim farkıyla "görme" fiiline hizmet etmesi — maddenin başıboş olmadığını gösteren somut bir delil